Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 295- 306

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۳۰۶-۲۹۵

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی فاقد گلوتن

علی مهربان شندی[1]- مهران اعلمی[2]- شبنم مختاری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۹

چکیده

سلیاک رایج‌ترین بیماری است که در اثر مصرف گلوتن بروز می‌کند و تنها راه درمان آن استفاده از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در تمام طول عمر بیمار است. هدف از این پژوهش، تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن به کمک صمغ گوار و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (MTG) و بررسی تاثیر آن‌ها بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی کیک تهیه شده از مخلوط آردی بدون گلوتن (۰٪ ارزن- ۱۰۰٪ برنج، ۵۰٪ ارزن- ۵۰٪ برنج و ۱۰۰٪ ارزن- ۰٪ برنج) بود. بدین منظور صمغ گوار در دو سطح ۱و ۲٪ و آنزیم MTG در سطوح ۰/۲۵ و ۰/۵٪ به فرمولاسیون اضافه شدند. به‌منظور افزایش میزان اسیدآمینه لایزین به‌عنوان سوبسترای آنزیم، ایزوله پروتئینی سویا (SPI) به میزان ۲٪ به نمونه‌های حاوی MTG افزوده شد. نتایج نشان داد که افزودن گوار و MTG سبب کاهش حجم مخصوص کیک می‌شوند. اختلاط دو نوع آرد برنج و ارزن تأثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی داشت. افزودن آنزیم و صمغ، افزایش معنی‌داری در میزان رطوبت کیک نشان داد. نتایج نشان داد که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج نسبت به دو نمونه دیگر دارای تخلخل کمتری می‌باشد. همچنین با افزایش سطح آنزیم در فرمولاسیون، افزایش معنی‌داری در میزان تخلخل مشاهده شد. در حالی که افزایش صمغ، اختلاف معنی‌داری در میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی ایجاد ننمود. در مرحله دوم پژوهش، مقایسه‌ای بین بهترین نمونه تولیدی در مرحله اول با نمونه شاهد حاوی ۱۰۰٪ آرد گندم و نمونه بدون گلوتن که فاقد آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بود، انجام گرفت. نتایج مرحله دوم به وضوح، برابری بهترین نمونه مرحله اول با نمونه حاوی ۱۰۰ ٪ آرد گندم را نشان داد و در میزان هر یک از پارامترهای ارزیابی شده (رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل) این دو نمونه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نگردید.

واژه‌های کلیدی: کیک بدون گلوتن، صمغ گوار، MTG (آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی)، آرد برنج، خواص فیزیکی

مقدمه

کیک به محصولاتی گفته می‌شود که به‌وسیله فرمولاسیونی بر پایه آرد گندم، شکر، تخم‌مرغ و مایعاتی مانند شیر که ممکن است چربی نیز به آن افزوده شده باشد، تهیه می‌گردد. ماتریکس پروتئینی گلوتن در محصولات صنایع پخت عامل اصلی خواص مهم خمیر نظیر کشش‌پذیری، مقاومت در برابر کشش، قابلیت اتساع، تحمل در حین اختلاط و توانایی نگه‌داری گاز می‌باشد. در واقع از گلوتن تحت عنوان پروتئین ساختمانی جهت تولید نان، کیک، کلوچه و بیسکوئیت یاد می‌شود و فقدان آن در محصولات بدون گلوتن سبب تولید فرآورده‌ای با بافت شکننده، رنگ ضعیف، حجم و تخلخل کم می‌شود (Gallagher و همکاران، ۲۰۰۴). بازار محصولات غله‌ای بدون گلوتن به‌طور پیوسته‌ای همگام با افزایش بیماری سلیاک و میزان تشخیص آن و یا دیگر حساسیت‌های موجود به گلوتن رو به گسترش و پیشرفت می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که با افزایش تشخیص تعداد بیماران مبتلا به سلیاک در ایران، بایستی به تولید و توزیع مواد اولیه مورد استفاده دراین محصولات به ویژه انواع آردهای بدون گلوتن توجه بیشتری نمود. لذا استفاده از آردهای بدون گلوتن نظیر مواد نشاسته‌ای (ذرت، سیب‌زمینی و برنج)، ارزن، کاساوا، ذرت، آمارانت، گندم سیاه و سورگوم در این دسته از محصولات امری اجتناب‌ناپذیر است. به‌علاوه استفاده از جایگزین‌های مناسب گلوتن نظیر هیدروکلوئیدها (Lopez و همکاران، ۲۰۰۴)، آنزیم‌ها و پروتئین‌ها در تهیه محصولات بدون گلوتن امری ضروری است. از جمله آنزیم‌های مورد بحث، ترانس گلوتامیناز (TG) می‌باشد و بین اسیدآمینه گلوتامین از یک پروتئین و لایزین از پروتئین دیگر ایجاد پروتئین‌هایی با ویژگی‌های تغذیه‌ای و عملکردی جدید می‌کند. پیوندهای کووالانت ایجاد شده توسط این آنزیم، اثرات منحصر به‌فردی روی ظرفیت تشکیل ژل، پایداری

۱ و ۲- به ترتیب کارشناس ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ارومیه
(* - نویسنده مسئول: Email: mehranalami@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.45057

حرارتی و ظرفیت نگه‌داری آب پـروتئین‌هـا دارد و در فـرآورده‌هـای دریایی، صنعت گوشت، نودل و پاستا، لبنیات، نانوایی و ... کاربردهای فراوانی پیدا کرده است (کورایشی و همکاران، ۲۰۰۱) حضـور MTG در خمیر نان، باعث کاهش اجزای پروتئین‌های آلبومین و گلوبولین و افزایش مقـادیر گلایـدین مـی‌شـود. زیرواحـدهای گلـوتنین بـا وزن مولکولی بالا به وسیله MTG به یکدیگر اتصال پیدا می‌کنند. به دلیل این که آلبومین و گلوبولین در شـکل گـرفتن خمیـر نقشـی ندارنـد، MTG پروتئین‌های مذکور را بـه یکـدیگر متصـل کـرده و آن‌هـا را رسوب می‌دهد و این عمل، اثـر مفیـدی روی کیفیـت فـرآورده دارد. اثرات مفید MTG به دلیل اتصـال زیـر واحـدهای گلـوتنین بـا وزن مولکولی بالا می‌باشد. MTG با داشتن خاصیت اتصال پروتئینی باعث ترمیم دانه‌های گندم آسیب‌دیده نیز می‌شود (موتوکی و سگارو، ۱۹۹۸؛ کورایشی و همکاران، ۲۰۰۱؛ دینگرا و جوود، ۲۰۰۱).

هدف از انجام این پژوهش امکـان تولیـد کیـک اسـفنجی فاقـد گلوتن از آرد برنج و یا ارزن همـراه بـا صـمغ گـوار و آنـزیم تـرانس گلوتامیناز میکروبی بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد

آرد برنج نوع طارم از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی تهیه و تازمان استفاده در یخچال نگه‌داری گردید. ارزن پوست‌کنـده معمولی از بازار محلی خریداری و با مدل آسیاب سنگی آسیاب، و بـه کمک الک با مش ۵۰ سبوس‌گیری شد و تا زمان استفاده در یخچال نگه‌داری شد. شکر مورد استفاده در این تحقیق، شکر موجود در بـازار بود.آرد گندم خریداری شده مطابق با استاندارد ملی ایـران بـا شـماره ۱۰۳ بود. برای بسته‌بندی کیک‌ها از کیسه‌های پلی‌اتیلنی به ابعاد ۱۵ در ۲۵ سانتی‌متر و ضخامت ۴۰ میکرون، استفاده گردید.

سایر مواد مورد نیاز در تولید کیک شامل بیکینـگ پـودر، روغـن نبـاتی مخصـوص قنـادی، وانیـل و شیرخشـک از یـک فروشـگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی خریداری و تخم‌مرغ تازه نیـز یـک روز قبل از تولید روزانه کیک‌ها تهیه و در یخچال نگـه‌داری شـد. صـمغ گوار با نام تجاری MEYPROtm GUAR (E412)، وانیل بـا نـام تجـاری RHOVANILLA از شـرکت رودیـا (فرانسـه) و ایزولـه پروتئینی سویا (SPI) از شرکت کراون چین تهیه گردید. آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در بسته‌های ۱۰۰ گرمی از کمپانی یکینگ چـین خریداری شد و به‌صورت خشک مورد استفاده قرار گرفت. این آنـزیم به دلیل جاذب‌الرطوبه بودن آن، در بسته‌بندی‌های کاملا غیرقابل نفوذ به هوا نگه‌داری و در طول مدت استفاده درون فریزر و در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد ارزن و برنج

ترکیبات شیمیایی آرد ارزن و برنج بر اساس روش‌های اسـتاندارد (AACC، ۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. مقدار رطوبت بـا اسـتفاده از روش آون به شماره ۱۶-۴۴، مقدار خاکستر با استفاده از روش پایه به شماره ۰۱-۰۸، مقدار پروتئین با استفاده از روش کلدال بـه شـماره ۱۲-۴۶، مقدار چربی با استفاده از روش مصوب ۱۰-۳۰ و گلوتن با اسـتفاده از روش مصوب ۱۱-۳۸ تعیین گردید.

تهیه خمیر و تولید کیک

خمیر کیک از آرد ارزن و برنج و مخلوط آن‌هـا بـه مقـدار ۲۸/۴ درصد، ۲۲درصد پودر شکر، ۱۷/۵ درصد روغن، ۲۲درصد تخـم‌مـرغ، ۰/۵ درصد بیکینگ پودر، ۰/۶۱ درصد شیرخشک، ۱/۲۳ درصد پـودر آب‌پنیر، ۰/۱۵ درصد وانیل و آب به میزان ۷/۶۱ درصد تهیـه گردیـد (پیغمبردوست، ۱۳۸۶). در ابتدا به‌منظور تهیه خمیـر کیـک، روغـن و پودر شکر به مدت ۱۰ دقیقه با اسـتفاده از یـک همـزن برقـی مـدل (Electra EK-230M، ژاپن) با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقـه مخلـوط شدند تا یک کرم روشن حاوی حباب‌های هوا ایجاد گردد. سپس تخم مرغ در ۴ نوبت به آن افزوده شد. سپس همه مواد پودری باهم الـک شد و در مرحله بعد به خمیر اضافه گردید تا خمیر به‌صورت نیمه‌صاف درآید. و در مرحله آخر آب اضافه گردید تـا خمیـر بـه‌صـورت صـاف درآمد. از آن جـا کـه MTG اتصـال پپتیـدی بـین اسـیدهای آمینـه گلوتامین و لایزین را ایجاد می‌کند و با توجه به این‌که ارزن و برنج از گلوتامین غنی و از لایزین فقیر می‌باشند، بـه‌منظـور افـزایش میـزان لایزین قابل دسترس، ایزوله پروتئینی سویا (SPI) به میـزان ۲٪ بـه نمونه‌های تیمار شده با MTG اضافه شد. در این پژوهش متغیرهـای مورد بررسـی صـمغ گـوار (۱ و ۲ درصـد)، آنـزیم تـرانس‌گلوتامینـاز میکروبـی (۰/۲۵ و ۰/۵ درصـد) و آرد ارزن و بـرنج (۰٪ ارزن:۱۰۰٪ برنج، ۵۰٪ ارزن:۵۰٪ برنج و ۱۰۰٪ارزن:۰٪ برنج) بود که به مخلوط اضـافه گردیـد. در ادامـه بـا اسـتفاده بـا یـک قیـف پارچـه‌ای (Lebensmittelecht، آلمـان) ۵۰ گـرم از خمیـر تهیـه شـده، درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب‌ها قرار گرفته بودند، ریخته شد. سپس عمل پخت در آون آزمایشگاهی مدل قائم در دمـای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام گردید. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بـه‌منظـور ارزیـابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمـای محـیط نگهـداری شدند (نقی پور و همکاران، ۱۳۹۱ الف و ب).

اندازه‌گیری درصد رطوبت کیک

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC، ۲۰۰۰شماره ۱۶-۴۴ استفاده گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌ها در فاصله زمانی

۲ ساعت پس از پخت، در آون (Jeto Tech، مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت.

اندازه‌گیری حجم مخصوص

یک قطعه کیک توزین شده داخل ظرف دارای حجم مشخص (V_t) قرار داده شد. بقیه فضای خالی ظرف توسط دانه‌های کلزا پر شد. سپس کیک، خارج و حجم دانه‌های کلزا یادداشت شده (V_s) و حجم کیک از محاسبه (V_t-V_s) بدست آمد.

ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک

به‌منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز کیک تهیه گردید و به‌وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۱۲۰۰ پیکسل تصویربرداری شد (شکل ۱-۲ الف). تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت[1]، تصاویر سطح خاکستری[2] (شکل ۱-۲ ب) ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی[3]، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است (شکل ۱-۲ ج) که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به‌عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها بر آورد می‌شود. بدیهی است که هر چقدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفرات موجود در بافت کیک (میزان تخلخل) بیشتراست. در عمل با فعال کردن قسمت Analysis نرم‌افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Haralick و همکاران، ۱۹۷۳).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزارSAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و اثر آنزیم MTG و صمغ گوار بر خصوصیات کیک اسفنجی بدون گلوتن حاصل از آرد ارزن و برنج در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. هریک از نمونه‌ها در سه تکرار تهیه و آزمون‌های مربوطه در مورد آن‌ها انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ($P<0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

1 Bit
2 Gray level images
3 Binary Images



الف ب ج

شکل ۱- نمونه تصویر تبدیل شده: الف: نمونه تصویر مغز کیک، ب: نمونه تصویر خاکستری، ج: نمونه تصویر دودویی

نتایج و بحث

رطوبت

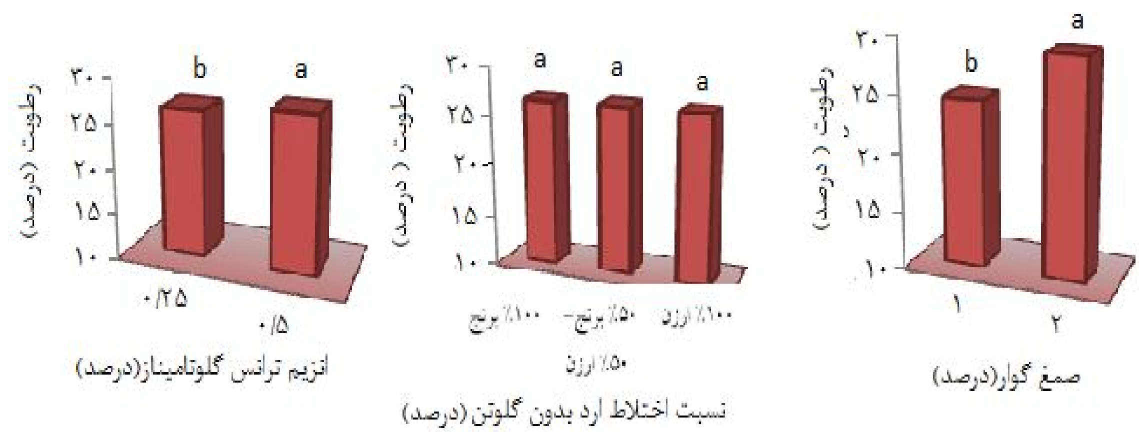
نتایج آنالیز واریانس تأثیر سطوح مختلف اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۲ تأثیر مستقل، نسبت اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن و در جدول ۲ اثر متقابل این سه عامل بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان داده شده است. اختلاط دو نوع آرد بدون گلوتن برنج و ارزن تأثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی نداشت. در حالی که بر اساس نتایج شکل ۲ اثر مستقل افزودن آنزیم و صمغ افزایش معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد در میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان دادند. وراسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه خود در زمینه افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز آنزیمی به نان بدون گلوتن، افزایش میزان رطوبت را با افزایش سطح آنزیم در فرمولاسیون گزارش نمودند. همچنین مور و همکاران (۲۰۰۴) نتایج مشابهی را بدست آوردند. این محققین بیان نمودند که شبکه پیوند عرضی بین اسیدهای آمینه گلوتامین و لیزین که در اثر عمل آنزیم گلوتامیناز تشکیل شده است، توانایی به دام‌انداختن آب را دارد و از این رو سبب افزایش در ظرفیت نگهداری آب می‌شود. از طرف دیگر افزایش ظرفیت جذب آب می‌تواند به علت آمیدزدایی از گلوتامین (آمیدزدایی در اثر عمل آنزیم) و تبدیل آن به اسید گلوتامیک باشد که سبب کاهش آبگریزی محیط و در نتیجه افزایش جذب آب می گردد (جرارد و همکاران، ۱۹۹۸). از آنجا که که هیدروکلوئیدها دارای ماهیت آبدوست هستند و سبب انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم می‌شوند. از این رو با افزودن صمغ به فرمولاسیون محصولات نانوایی افزایش میزان رطوبت در محصول نهایی مشاهده می‌گردد. در این زمینه ایوبی و همکاران (۱۳۹۰) افزایش میزان رطوبت کیک روغنی را با افزایش میزان صمغ گوار و گزانتان گزارش نمودند. بیشترین میزان رطوبت در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد

صمغ گوار، نمونه حاوی نسبت ۵۰-۵۰ آرد برنج-ارزن، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ گوار و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد ارزن، ۰/۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ گوار مشاهده شد.

جدول ۱- آنالیز واریانس تأثیر نسبت اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	رطوبت
نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن (A)	۲	**۰/۰۰۰
آنزیم گلوتامیناز (B)	۱	**۵/۹۱۳
صمغ گوار (C)	۱	**۱۷۰/۴۳۳
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۱۱

P<0.01** P<0.05* P>0.05^ns



شکل ۲- تأثیر مستقل، نسبت اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن (در هر شکل حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند).

جدول ۲- اثر متقابل نسبت اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن

آرد برنج -ارزن (درصد-درصد)	آنزیم گلوتامیناز (درصد)	صمغ گوار (درصد)	رطوبت (درصد)
۰-۱۰۰	۰/۲۵	۱	۲۴/۲۳ ± ۰/۱۱^d
		۲	۲۸/۳۷ ± ۰/۱۱^b
	۰/۵۰	۱	۲۴/۸۳ ±۰/۰۳^c
		۲	۲۹/۳۸ ± ۰/۱۰^a
۵۰-۵۰	۰/۲۵	۱	۲۴/۳۰ ± ۰/۱۹^d
		۲	۲۸/۳۷ ± ۰/۱۰^b
	۰/۵۰	۱	۲۴/۸۲ ±۰/۰۸^c
		۲	۲۹/۴۱ ± ۰/۱۴^a
۱۰۰-۰	۰/۲۵	۱	۲۴/۱۶ ± ۰/۰۷^d
		۲	۲۸/۳۵ ± ۰/۰۵^b
	۰/۵۰	۱	۲۴/۸۲ ±۰/۰۳^c
		۲	۲۹/۳۸ ± ۰/۰۹^a

حروف مشابه از نظر آماری در سطح P>0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند.

حجم مخصوص

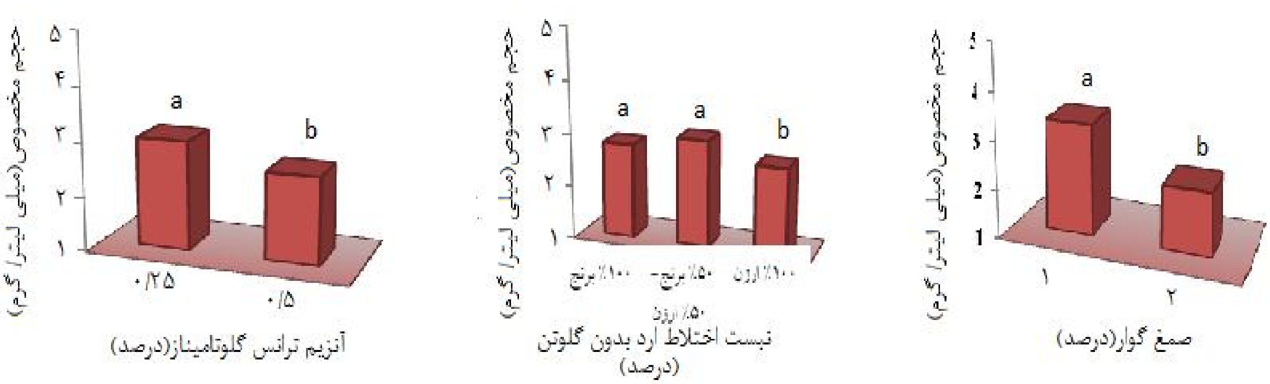
نتایج آنالیز واریانس تأثیر سطوح مختلف اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۳ تأثیر

مستقل، نسبت اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن و در جدول ۴ اثر متقابل این سه عامل بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان داده شده است. براساس نتایج اثر مستقل اختلاط دو نوع آرد برنج و ارزن مشخص گردید که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج نسبت به دو نمونه دیگر حجم مخصوص کمتری داشت. این در حالی بود که با افزایش سطح آنزیم و صمغ، کاهش معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد در میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان دادند. در این زمینه نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) بیان نمودند که افزودن صمغ گوار و گزانتان تا سطح ۱ درصد به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن سورگوم، سبب افزایش حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی شد و پس از آن کاهش حجم مخصوص گزارش گردید. این محققین گزارش نمودند که افزایش میزان تخلخل تا سطح ۱ درصد نسبت به نمونه فاقد صمغ به دلیل تشکیل شبکه‌ای مشابه شبکه گلوتنی (جهت حفظ حباب‌های هوای ورودی) و تا حدودی افزایش ضخامت دیواره در مقابل پارگی ناشی از انبساط در حین فرآیند پخت محصول بود. نتایج این پژوهشگران با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. همچنین آروزارنا و همکاران (۲۰۰۱)، دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰ الف و ب) با بررسی اثر صمغ در محصولات خمیری بدون گلوتن با افزایش حجم مخصوص تا سطح ۱ درصد مواجه شدند. به‌نظر می‌رسد کاهش حجم مخصوص در سطوح بالای افزودن صمغ (بیش از ۱ درصد) به دلیل بیش از اندازه ضخیم شدن حباب‌های هوای ورودی به خمیر و جلوگیری از انبساط آن‌ها در طی فرآیند پخت باشد. در نهایت لازم به ذکر است که بررسی اثر متقابل این سه عامل (نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار) نشان داد که بیشترین میزان حجم مخصوص (۰/۰۴±۳/۹۴) مربوط به نمونه حاوی نسبت ۵۰-۵۰ آرد برنج- ارزن، ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱درصد صمغ گوار و کمترین میزان این پارامتر مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ گوار (۰/۰۴±۲/۱۰) و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد ارزن، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ گوار (۰/۰۳±۲/۰۶) بود.

جدول ۳- آنالیز واریانس تأثیر نسبت اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم مخصوص
نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن (A)	۲	۰/۳۸۲**
آنزیم گلوتامیناز (B)	۱	۱/۴۹۲**
صمغ گوار (C)	۱	۹/۲۳۱**
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۰۳

$P<0.01^{**}$ $P<0.05^{*}$ $P>0.05^{ns}$



شکل ۳- تأثیر مستقل، نسبت اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن (در هر شکل حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند).

جدول ٤- اثر متقابل نسبت اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن.

آرد برنج –ارزن (درصد-درصد)	آنزیم گلوتامیناز (درصد)	صمغ گوار (درصد)	حجم مخصوص (میلی‌لیتر/گرم)
۰-۱۰۰	۰/۲۵	۱	۳/۴۹ ± ۰/۰۶[b]
		۲	۲/۴۲ ± ۰/۰۹[g]
	۰/۵۰	۱	۳/۱۱ ±۰/۰۴[d]
		۲	۲/۱۰ ± ۰/۰۴[i]
۵۰-۵۰	۰/۲۵	۱	۳/۹۴ ± ۰/۰۴[a]
		۲	۲/۶۴ ± ۰/۰۵[f]
	۰/۵۰	۱	۳/۱۸ ±۰/۰۲[cd]
		۲	۲/۲۴ ± ۰/۰۳[h]
۱۰۰-۰	۰/۲۵	۱	۳/۲۳ ± ۰/۰۴[c]
		۲	۲/۳۶ ± ۰/۰۴[g]
	۰/۵۰	۱	۲/۹۴ ±۰/۰۷[e]
		۲	۲/۰۶ ± ۰/۰۳[i]

حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P>0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند.

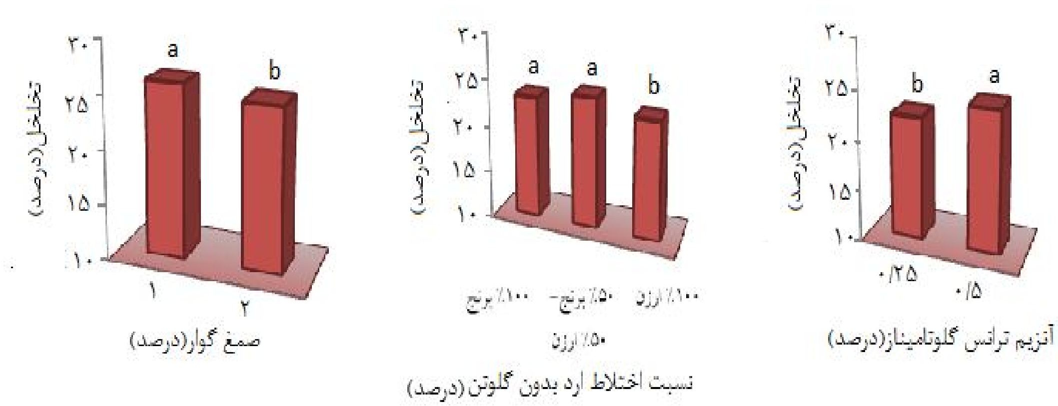
تخلخل

نتایج آنالیز واریانس تأثیر سطوح مختلف اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی در جدول ۵ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۴ تأثیر مستقل نسبت اختلاط آرد برنج-ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن و در جدول ۶ اثر متقابل این سه عامل بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن نشان داده شده است. براساس نتایج اثر مستقل اختلاط دو نوع آرد برنج و ارزن مشخص گردید که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج نسبت به دو نمونه دیگر تخلخل کمتری داشت. همچنین با افزایش سطح آنزیم در فرمولاسیون کیک اسفنجی افزایش معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد در میزان تخلخل مشاهده شد. این در حالی بود که افزایش صمغ در فرمولاسیون اختلاف معنی‌داری در میزان تخلخل نمونه‌های تولید ایجاد ننمود ($P<0.05$).

جدول ۵- آنالیز واریانس تأثیر نسبت اختلاط آرد برنج- ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	تخلخل
نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن (A)	۲	۵/۹۲۴**
آنزیم گلوتامیناز (B)	۱	۲۷/۱۷۹**
صمغ گوار (C)	۱	۰/۰۰۰**
خطای آزمایش	۲۴	۰/۰۷۷

$P<0.01$** $P<0.05$* $P>0.05^{ns}$



شکل ٤- تأثیر مستقل نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن(در هر شکل حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند).

جدول ٦- اثر متقابل نسبت اختلاط آرد برنج - ارزن، آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ گوار بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن.

آرد برنج –ارزن (درصد-درصد)	آنزیم گلوتامیناز (درصد)	صمغ گوار (درصد)	تخلخل (درصد)
۰-۱۰۰	۰/۲۵	۱	۳۰/۱۵ ± ۰/۰۹[d]
		۲	۲۳/۹۲ ± ۰/۱۶[h]
	۰/۵۰	۱	۳۱/۵۰ ±۰/۲۶[b]
		۲	۲۶/۴۸ ± ۰/۴۷[f]
۵۰-۵۰	۰/۲۵	۱	۳۰/۹۵ ± ۰/۳۱[c]
		۲	۲۵/۲۳ ± ۰/۲۷[g]
	۰/۵۰	۱	۳۲/۲۵ ±۰/۱۶[a]
		۲	۲۶/۸۴ ± ۰/۲۸[f]
۱۰۰-۰	۰/۲۵	۱	۲۹/۶۴ ± ۰/۴۸[e]
		۲	۲۳/۳۹ ± ۰/۱۷[i]
	۰/۵۰	۱	۳۱/۰۷ ±۰/۱۹[bc]
		۲	۲۵/۵۷ ± ۰/۱۷[g]

حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P>0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند.

در راستای افزودن آنزیم ترانس گلوتامینـاز و اثـر آن بـر میـزان تخلخل، پوراسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) بیـان نمودنـد کـه افـزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز به محصولات بدون گلوتن صنایع پخت سبب توزیع یکنواخت حباب های هوا و کاهش اندازه آن‌ها گردید. از این رو با توجه به مطالعه زیابرو و همکاران (۲۰۱۲) که عنوان کردند افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن در بافت محصول است، می‌توان نتیجه گرفـت که آنزیم ترانس گلوتامناز میکروبی قابلیت افزایش میزان تخلخـل را دارد. بیشترین میزان تخلخل (۰/۱۶±۳۲/۲۵) مربوط به نمونه حاوی نسبت ۵۰-۵۰ آرد برنج- ارزن، ۰/۵۰ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱درصد صمغ گوار و کمترین میزان این پـارامتر مربـوط بـه نمونـه حاوی ۱۰۰ درصد آرد ارزن، ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۲ درصد صمغ گوار (۰/۱۷±۲۳/۳۹) بود.

مرحله دوم (مقایسه بهترین نمونه مرحله اول با نمونـه شـاهد حاوی آرد بدون گلوتن و شاهد حاوی آرد گندم)

با توجه به نتایج مرحله اول که به بررسـی اثـر سـطوح مختلـف اختلاط آرد برنج و ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صـمغ گـوار بـر خواص کمی و کیفی کیک اسفنجی بدون گلوتن پرداخت، مشـخص گردید که نمونه حاوی نسبت برابر آرد بـرنج و ارزن (۵۰ درصـد آرد برنج و ۵۰ درصد آرد ارزن) به همراه ۰/۲۵ درصـد آنـزیم گلوتامینـاز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار از بهترین کمیت و کیفیـت برخـوردار بود. بر همین اساس تصمیم بر آن شد که این نمونه به‌عنوان بهترین نمونه مرحله اول با یک نمونه از کیک اسفنجی بدون گلـوتن حـاوی ۵۰ درصد آرد برنج و ۵۰ درصد آرد ارزن (که البته ایـن نمونـه فاقـد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار است) و نمونه‌ای حـاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد. در ضـمن لازم بـه ذکر است که با توجـه بـه نتـایج بدسـت آمـده از پـژوهش حاضـر و مطالعات پیشین در زمینه برتری مخلوطی از آردهای بـدون گلـوتن، نمونه شاهد بدون گلوتن، نمونه‌ای حاوی آرد برنج و ارزن بـا نسـبت برابر در نظر گرفته شد.

رطوبت

نتایج آنالیز واریانس رطوبت بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شـاهد حـاوی آرد گنـدم در جـدول ۷ ملاحظـه مـی‌گـردد. همچنین در شکل ۵ تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن نشـان داده شده است. براساس نتایج مشخص گردید که بیشترین میزان رطوبت مربوط به بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد برنج و ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) و شاهد آرد گندم و کمترین میزان رطوبت مربوط به شاهد بدون گلوتن که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار است، بود. مشابهت میزان رطوبت بهترین نمونه مرحله اول با نمونـه شاهد حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم بدان دلیل است که آنزیم گلوتامیناز و صمغ گوار توانسته‌اند در به دام انداختن آب در حـین فرآینـد پخـت مشابه شبکه گلوتنی کیک اسفنجی حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم عمل نماید. در همین راستا ترابی و همکاران (۲۰۰۸) با تولید کیک بـدون گلوتن حاوی آرد برنج به این نکته اشاره نمودند که ترکیبـاتی نظیـر صمغ، آنزیم و امولسیفایر قابلیت حفظ رطوبت محصولات بدون گلوتن را در حین فرآیند پخت دارند.

جدول ۷- آنالیز واریانس تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	رطوبت
تکرار	۲	۰/۰۰۵**
تیمار	۲	۸۲/۵۱۰**
خطای آزمایش	۴	۰/۰۲۳

P<0.01** P<0.05* P>0.05ns

حجم مخصوص

نتایج آنالیز واریانس حجم مخصوص بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد حاوی آرد گندم در جدول ۸ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۶ مقایسه میزان حجم مخصوص این سه نمونه نشان داده شده است. براساس نتایج مشخص گردید که بیشترین میزان حجم مخصوص مربوط به بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد برنج و ۵۰ درصد آرد ارزن به‌همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) و شاهد آرد گندم و کمترین میزان حجم مخصوص مربوط به شاهد بدون گلوتن که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار است، بود. پائین بودن حجم مخصوص نمونه شاهد بدون گلوتنی که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بود، بدان دلیل است که شبکه‌ای در این نمونه جهت حفظ حباب‌های هوای ورودی در طی به‌هم‌زدن وجود ندارد و اگر هم تعداد کمی از حباب‌های هوای ورودی در این نمونه باقی بماند به دلیل اینکه ضخامت حباب‌ها بسیار کم است در برابر انبساط حین فرآیند پخت مقاومت نکرده و پاره می‌شوند و از این طریق در کاهش حجم مخصوص نمونه تولیدی اثرگذارست. در این راستا ساهی و آلاوا (۲۰۰۳) دلایل مشابهی را گزارش نمودند.

تخلخل

نتایج آنالیز واریانس تخلخل بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد حاوی آرد گندم در جدول ۹ ملاحظه می‌گردد. همچنین در شکل ۵ مقایسه میزان تخلخل این سه نمونه نشان داده شده است. براساس نتایج مشخص گردید که به‌ترتیب بیشترین میزان تخلخل مربوط به نمونه حاوی آرد گندم، بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۰ درصد آرد برنج و ۵۰درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱درصد صمغ گوار) و شاهد بدون گلوتن که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار است، بود. پائین بودن میزان تخلخل نمونه شاهد بدون گلوتنی که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بود، بدان دلیل است که شبکه‌ای در این نمونه جهت حفظ حباب‌های هوای ورودی در طی هم‌زدن وجود ندارد و اگر هم تعداد کمی از حباب‌های هوای ورودی در این نمونه باقی بماند به دلیل اینکه ضخامت حباب‌ها بسیار کم است در برابر انبساط حین فرآیند پخت مقاومت نکرده و پاره می‌شوند و از این طریق تعداد سلول‌های گازی در محصول نهایی کاهش می‌یابد. از طرفی لازم به ذکر است که بهترین نمونه مرحله اول هر چند که میزان تخلخل مناسبی دارد ولی نتوانسته به لحاظ تعداد و توزیع سلول‌های گازی با نمونه شاهد حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم برابری کند.

جدول ۸- آنالیز واریانس تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان حجم مخصوص کیک اسفنجی بدون گلوتن.

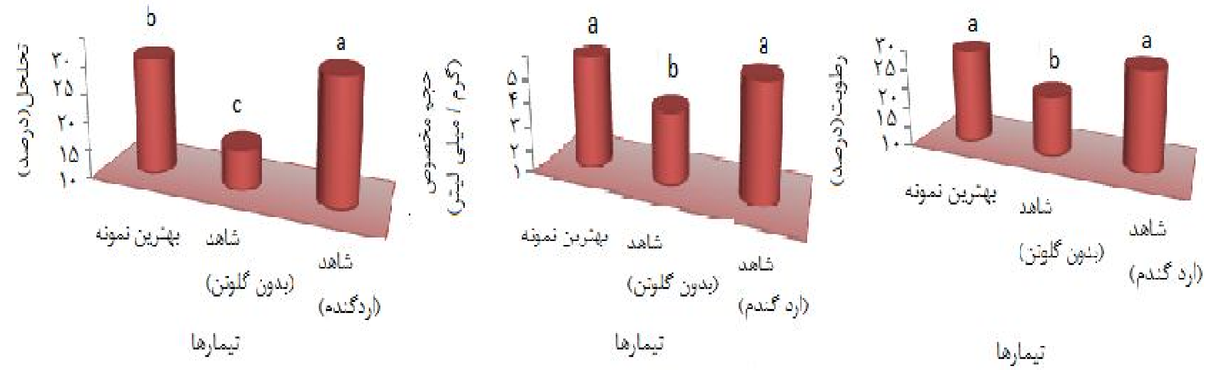
منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم مخصوص
تکرار	۲	۰/۰۰۲**
تیمار	۲	۲/۸۰۱**
خطای آزمایش	۴	۰/۰۰۵

P<0.01** P<0.05* P>0.05ns

جدول ۹- آنالیز واریانس تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان تخلخل کیک اسفنجی بدون گلوتن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	تخلخل
تکرار	۲	۰/۰۹۹**
تیمار	۲	۲۰۴/۶۱۰**
خطای آزمایش	۴	۰/۰۶۶

P<0.01** P<0.05* P>0.05ns



شکل ۵- تأثیر بهترین نمونه مرحله اول، شاهد بدون گلوتن و شاهد آرد گندم بر میزان تخلخل، حجم مخصوص و رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن (حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P>0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند).

نتیجه‌گیری

در مرحله اول این تحقیق که هدف امکان تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن بود، اثر افزودن سطوح مختلف اختلاط آرد برنج و ارزن، آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی محصول نهایی مورد مطالعه قرار گرفت. بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد برنج، ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) از رطوبت، تخلخل مطلوبی برخوردار بود. بنابراین جهت تأیید نهایی این نمونه، مرحله دوم پژوهش حاضر که هدف آن مقایسه بهترین نمونه تولیدی در مرحله اول با نمونه شاهد حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و نمونه‌ای بدون گلوتن که فاقد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و صمغ گوار بود، انجام گردید. نتایج مرحله دوم به وضوح شباهت زیاد بهترین نمونه مرحله اول (نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد برنج، ۵۰ درصد آرد ارزن به همراه ۰/۲۵ درصد آنزیم گلوتامیناز میکروبی و ۱ درصد صمغ گوار) را با نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم مورد تأیید قرار داد بگونه‌ای که براساس نتایج این مرحله در میزان هیچ یک از پارامترهای ارزیابی شده (رطوبت، حجم مخصوص) این دو نمونه اختلاف معنی‌داری به‌لحاظ آماری در سطح ۵ درصد مشاهده نگردید.

منابع

ایوبی، ا.، حبیبی نجفی، م. ب.، کریمی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر سطوح مختلف کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک روغنی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، دوره ۸، شماره ۲۹: ۸۸-۸۱.

پوراسماعیل، ن.، عزیزی، م. ح.، عباسی، س. و محمدی، م. ۱۳۹۰. فرمولاسیون نان بدون گلوتن با استفاده از گوآر و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۱، شماره ۱، ۸۱-۷۰.

پیغمبر دوست، ه. ۱۳۸۶. تکنولوژی تولید بیسکوئیت، کوکی و کراکر. جلد اول. چاپ اول انتشارات کتاب ایران (آییژ)، تهران.

ترابی زاده.،۱۳۸۱، امولسیون های غذایی و امولسیفایرها.چاپ اول انتشارات کتاب ایران(آییژ)، تهران.

نقی پور، ف.، حبیبی نجفی، م. ب.، کریمی، م.، حداد خداپرست، م. ح.، شیخ الاسلامی، ز. و صحرائیان، ب. ۱۳۹۱ الف. تولید کیک سورگوم بدون گلوتن با استفاده از صمغ های گوار و گزانتان جهت مصرف بیماران سیلیاکی. مجموعه مقالات نخستین همایش ملی بیوتکنولوژی، بیوشیمی و مهندسی زیستی، ۲۲-۲۰ اردیبهشت. یزد.

نقی پور، ف.، حبیبی نجفی، م. ب.، کریمی، م.، حداد خداپرست، م. ح.، شیخ الاسلامی، ز. و صحرائیان، ب. ۱۳۹۱ ب. کاربرد آرد سورگوم در تولید کیک بدون گلوتن. مجموعه مقالات نخستین همایش ملی پژوهش های راهبردی کشاورزی ایران، ۲۲ تیر، تاکستان.

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.

Arozarena, I., Bertholo, M, M., Empise, J., Bunger, A., and Sousa, I. D. 2001.Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cake.*Europe Research Technology*, 213: 312-316.

Demirkesen, I.,Mert, B.,Sumnu, G., and Sahin, S. 2010a.Rheological properties of gluten-free bread formulation.*Journal of Food Engineering*, 96: 295-303.

Demirkesen, I.,Mert, B., Summu, G., and Sahin, S. 2010b. Utilization of chest nut flour in gluten – free bread

formulation.*Journal of Food Engineering*, 101: 329-336.

Dhingra, S., and Jood,S. 2001. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Food Chemistry*, 77: 479-488.

Gallagher, E., Gormleya, T. R., and Arendtb, E. K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. *Food Science and Technology,* 15: 143-152.

Gerrard JA, Fayle SE, Wilson AJ, Newberry MP, Ross M, and Kavale S, 1998.The effect of microbial transglutaminase on dough properties and crumb strength of white pan bread.*Journal of Food Science*, 63: 472- 475.

Haralick, R. M., K. Shanmugam., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. IEEE Transactions of ASAE, 45(6): 1995-2005.

Kuraishi, C., Yamazaki, K., and Susa, Y. 2001. Transglutaminase: its utilizationin in the food industry. *Food Reviews International*, 17(2):221-246.

Lopez, A. C. B., Pereira, A. J. G., Junqueira, R. G. 2004. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten free white bread.*Braz Arch Biol Technology*, 47: 63-70.

Moor, M. M., Schober, T. J., Dockery, P., Arendt, E. K. 2004. Textural comparisons of gluten free and wheatbaseddoughs, batters and bread.*Cereal Chemistry*, 84: 567-575.

Motoki, M., and Segaro, K. 1998.Transglutaminase and its use for food processing. *Trends in Food Science and Technology*, 9: 204-210

Renzetti S, Dal Bello F, and Arendt EK. 2007. Impact of transglutaminase on the microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads made from different gluten-free flours. *Journal of Cereal Science*, 48(1): 33-45.

Sahi, S. S., and Alava, J. M. 2003.Functionality of emulsifiers in spong cake production.*Journal of the Science of Food and Agriculture,* 83(11): 1419-1429.

Sahi, S. S., and Alava, J. M. 2003.Functionality of emulsifiers in spong cake production.*Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(11): 1419-1429.

Voysey, P.A., Legan, J.D. and Richard, K.R 1999. In Encyclopedia of Food Microbiology. *Elsevier*, 474-480.

Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszczak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1): 68-74.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 295- 306

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۳۰۶-۲۹۵

Study on physicochemical properties of gluten-free sponge cake

A. Mehraban Shandy[1], M. Alami*[2], Sh. Mokhtari[3]

Received: 2015.03.08
Accepted: 2016.01.09

Introduction: Cakes are usually formulated including wheat flour, sugar, egg and some liquids such as milk, water and oil. The textural properties of gluten in dough such as tensile, expansion and tolerance capability during mixing are major factors in baking industry. In fact, the structural protein to produce bread, cakes, muffins and biscuits is called gluten and the absence of gluten due to production of bakery products caused delicate texture, poor color, low size and porosity. The use of gluten-free flours such as corn, potatoes and rice, millet, Cassava, maize and sorghum in this category is inevitable. Therefore, the use of gluten alternatives such as hydrocolloids, enzymes and proteins, are essential in providing this products. MTG is transferase enzyme that can be made connection between glutamine and lysine. Result of this reaction improve nutritional and functional properties of the proteins. Covalent links generated by MTG has unique effects on gelation capacity, thermal stability and water holding capacities of products. Albumin and globulin do not have any effect on shaping of dough, but MTG connects the albumin and globulin to each other and then they become sedimented. This has beneficial effect on product quality. MTG has repairing ability on damaged wheat grains with binding protein. In this study, we try to contribute production of gluten-free sponge cake with guar gum, millet and rice flour, and MTG.

Materials and methods: TAROM rice flour purchase from local market and keep refrigerated until use it. Polyethylene bags with dimensions 15*25cm and thickness 40 microns were used. Guar gum (MEYPROTM GUAR, E412), vanilla (RHOVANILLA of RODYA company) and soy protein isolate (SPI) was prepared from China. Because of hygroscopic property of MTG, it was purchased in packages of 100 g, and stored at -15 ° C for further tests. For this purpose (0% millet-100% rice, 50%millet -50% rice, 100% millet-0%rice), guar gum (1, 2%) and MTG (0.25, 0.5%) were added. In order to increase the amino acid lysine as a substrate for the enzyme, soy protein isolate (SPI) was added to MTG containing samples. After baking (170 °C, 20 min) and cooling, each of the samples packed in polyethylene bags to evaluate characteristics. Moisture content Base on standard AACC, 2000, measured. For Size Measuring, a piece of cake weighed and placed into the container with the specific volume (V_t), The remaining space of container was filled with canola crops (V_s) and then volume of cakes calculated (V_t-V_s). For Evaluation of brain porous, cake was cubed in size 2*2 cm and Scanned by the scanner with a resolution of 1200 pixels (model: HP Scanjet G3010). Statistical analyze base on factorial design were prepared in triplicate. Duncan test at 5% level (P <0.05) were compared and the Excel software was used for charts.

Results and discussion: Results showed that different kinds of flour (rice and millet) have not significant effect on moisture content of samples but guar gum and enzyme have the ability to retain moisture during baking process. With increasing amount of enzyme and guar gum, volume of cake decreased. The study of the interaction of these three factors (rice-millet flour ratio, MTG and guar gum) showed that, sample with 50-50, rice-millet flour, 1% MTG and 0.25% guar gum has highest specific volume. With increasing amount of enzyme in cake, porosity significantly increased. However, increasing amount of guar gum did not have any significant effect on porosity (P<0.05). According to the results of the first stage, effect of different levels of rice and millet flour, MTG and guar gum on quantitative and qualitative properties of gluten-free sponge cake, it was determined that the sample contain 50% rice-50%millet flour, 0.25% MTG and 1% guar gum is best sample and it was compared with control sample (100% wheat flour) and cake without MTG. The result show that, guar gum, enzyme and composition of gluten free flour have ability to retain moisture, volume, porosity as well as control sample(100% wheat flour).

Conclusion: In the second stage, the best sample of the first phase (sample containing 50% rice-millet flour, 0.25% MTG and 1% guar gum) was compared with the sample containing 100% wheat flour and cake without

4 And 2. MSc Student and Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Agriculture and Natural Resources University of Gorgan.
3. MSc Student, Department of Food Science and Technology, Urmia University
(*- Corresponding Author Email: mehranalami@yahoo.com)

MTG and confirmed that, statistically models have significant difference in 5% level.

Keywords: Free gluten cake, Guar gum, MTG, Specific gravity